

FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY

GERMAN PATENT OFFICE

**(12) Published Patent Application**

**(11) DE 3926466 A1**

**(51) Int. Cl. <sup>5</sup>:** B01J 19/24

// B01J 23/42, 23/44, 23/74

**(21) File ref.:** P 39 26 466.1

**(22) Filing date:** 10.8.89

**(43) Publication date:** 14.2.91

**(71) Applicant:**

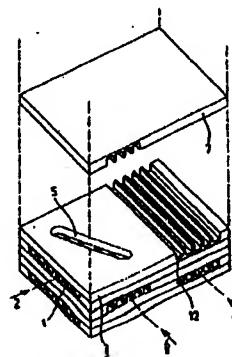
Messerschmidt-Bölkow-Blohm GmbH, 8012 Ottobrunn, DE

**(72) Inventors:**

Schmid, Peter, Dipl.-Ing.; Caesar, Christoph, Dipl.-Ing. Dr., 8000 Munich, DE

**(54) Microreactor for performing chemical reactions with high heat evolution**

The invention relates to a microreactor for performing chemical reactions with high heat evolution in which the material, reaction, and heat flows take place in elements consisting of two or more sheets arranged on top of each other which are connected by a system of machined grooves running through them, such that wall thicknesses of 10 to 1,000 µm, preferably 25 to 100 µm, are provided between the material flows. Due to the extreme efficiency of the heat dissipation, high concentrations of the reacting substances can be continuously mixed and brought to reaction. Because of the narrow residence-time spectrum, high yields can be achieved. To a very great extent, this obviates the need for cost-intensive product-reprocessing steps, so that the microreactor itself should represent a small investment (however expensive it may be).



Description

The invention relates to a microreactor for performing chemical reactions with high heat evolution in which the material, reaction, and heat flows take place in elements consisting of two or more sheets arranged on top of each other which are connected by a system of machined grooves running through them, such that wall thicknesses of 10 to 1,000  $\mu\text{m}$ , preferably 25 to 100  $\mu\text{m}$ , are provided between the material flows.

It is known for micro-heat exchangers with high specific heat transfer capacity to be manufactured through the machining of sheets and the subsequent diffusion-welding of packets with intersecting channels.

It is also known for these micro-heat exchangers to be used to dissipate heat from chemical reactions following previous mixing of the reactants.

The disadvantage of this process is that many exothermic reactions already begin during the mixing process in a mixer, greatly limiting the possible range of concentrations at which the reactants are fed into the microreactor.

The present invention avoids these disadvantages of existing methods.

The invention is based on the problem of, by simple means, bringing together in high concentrations, and bringing to reaction, substances which, due to a high heat evolution, cannot be continuously mixed in a conventional stirrer vessel or tubular reactor, since the reaction heat which is generated could not be controlled.

According to the invention this problem is solved, according to claim one, in that material, reaction, and heat flows take place in elements consisting of two or more sheets arranged on top of each other which are connected by a system of machined grooves running through them, such that wall thicknesses of 10 to 1,000  $\mu\text{m}$ , preferably 25 to 100  $\mu\text{m}$ , are provided between the material flows.

For this purpose, in an embodiment of the invention as shown in Figure 1, a layer is provided with longitudinal grooves (1) through which the material stream A (2) is caused to flow. In a second layer (3), grooves (12) are arranged perpendicular to the first which carry a cooling medium (4); furthermore, a slot (5) is provided in which the material stream B (6) from the plate (7) above is brought together with the material stream B (2) [*Translator's note: should be A*] and mixed. After the mixing zone (5), the flow from (2) flows through a heating and reaction zone, before it is cooled between the layers carrying the cooling medium. In this zone, the reaction can proceed with a high possible dissipation of heat until the desired degree of reaction is achieved.

This microreactor is connected to external pipes in a conventional technical manner by means of seals, sealing compounds or a thermal connection.

In a further embodiment of the invention, a microreactor is made of hexagonal sheets as shown in Figure 2, in which the potential reaction zone is entirely located between sheets through which cooling medium flows above and below. Material stream A (2) is fed through opening (8), material stream B (6) through opening (9), these are mixed in the mixing zone (5), rendered turbulent for example by means of internal fixtures (10), and leaves the microreactor through outlet openings (11). The microreactor according to the invention, designed to allow the performance of chemical reactions with high heat evolution, can be integrated in and combined with technically conventional reaction processes without departing from the scope of the invention, for example feedback of products, parallel connection, series connections, or the addition of material stream B (6) to the material stream A (2) at several points.

Because of its compact construction, the microreactor according to the invention is particularly suitable for sensitive reactions for which a narrow residence-time spectrum is necessary. Thus, the formation of undesired secondary products can be avoided by complete control of the reaction heat on a microscopically small scale.

Because of its small dimensions and large free cross-sectional area, the pressure drop across the microreactor is small, despite the large controllable heat flows.

In a further embodiment of the invention, the microreactor is manufactured from a platinum alloy in which highly energetic substances are mixed; these vaporise water, for example, in the cooling channels (12), which can be used for example to drive a turbine or a tool.

In a further embodiment of the invention, the microreactor itself is manufactured from a catalytic material such as platinum, and is used for example to perform a heterogeneous catalytic gas-phase reaction.

#### Claims

1. Microreactor for performing chemical reactions with high heat evolution, characterised in that the material, reaction, and heat flows take place in elements consisting of two or more sheets arranged on top of each other which are connected by a system of machined grooves running through them, such that wall thicknesses of 10 to 1,000  $\mu\text{m}$ , preferably 25 to 100  $\mu\text{m}$ , are provided between the material flows.
2. Microreactor according to claim 1, characterised in that several elements housing the reaction are connected, by means of a heat treatment, preferably diffusion welding or soldering, within the element and between the elements, to form a fixed and sealed unit.
3. Microreactor according to claim 1, characterised in that the microreactor is manufactured from a catalytically active metal, preferably platinum, palladium, nickel or iron.
4. Microreactor according to one of claims 1 to 3, characterised in that the material of the microreactor is a high-melting-point noble metal, preferably platinum, palladium, iridium or an alloy of these metals.
5. Microreactor according to one of claims 1 to 4, characterised in that the cross section of the grooves and the pressure ratios between inflows and outflows from the microreactor are so selected that a flow rate of more than 0.5 m/s is achieved.
6. Microreactor according to one of claims 1 to 5, characterised in that the material streams from the individual sheets are mixed by means of transversely-arranged grooves (mixing chambers).
7. Microreactor according to one of claims 1 to 6, characterised in that the residence-time spectrum of the microreactor is adjusted through the number and width of these transversely-arranged grooves.
8. Microreactor according to one of claims 1 to 7, characterised in that flow obstacles, preferably wires, are inserted in the transversely-arranged grooves or mixing chambers.

**-BLANK PAGE-**

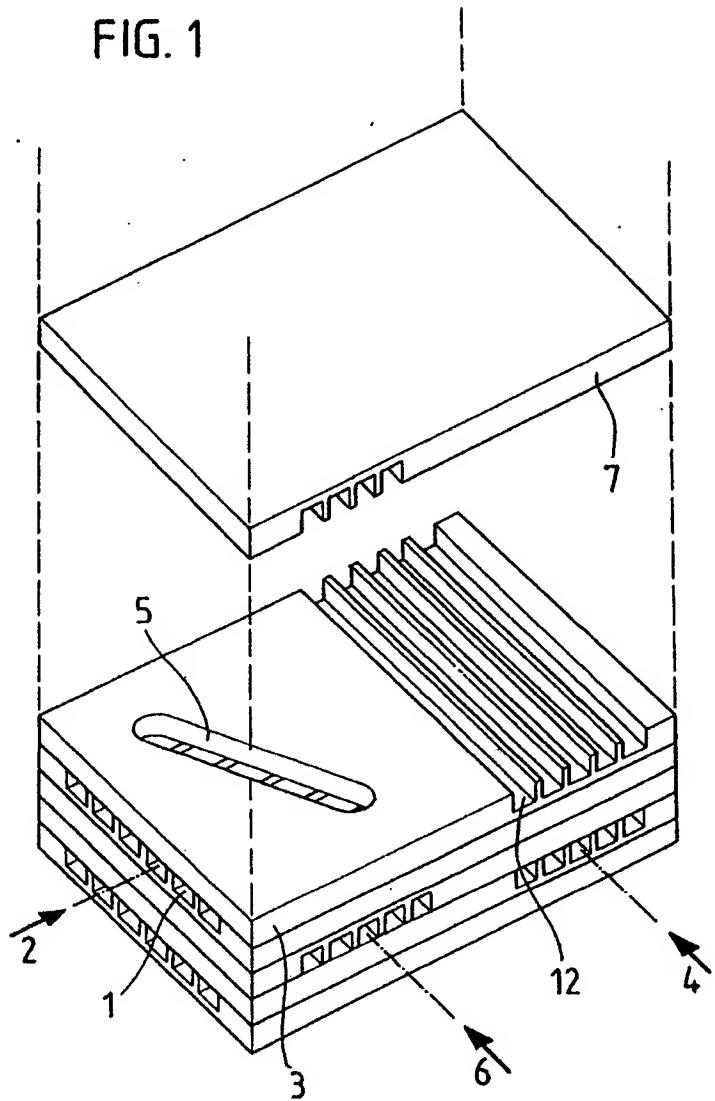
DRAWING PAGE 1

Number: DE 39 26 466 A1

Int. Cl. 5: B 01 J 19/24

Publication date: 14 February 1991

FIG. 1



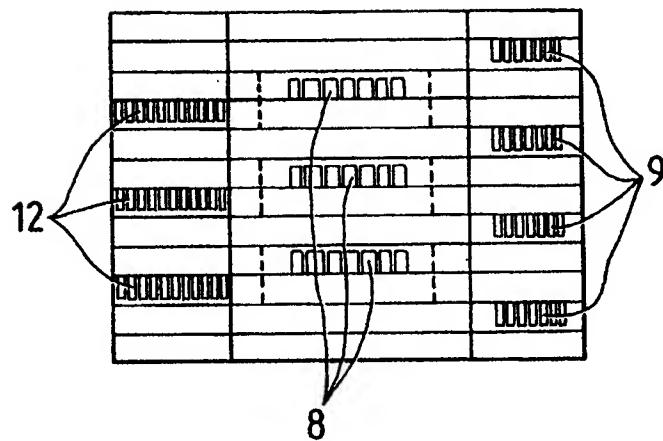
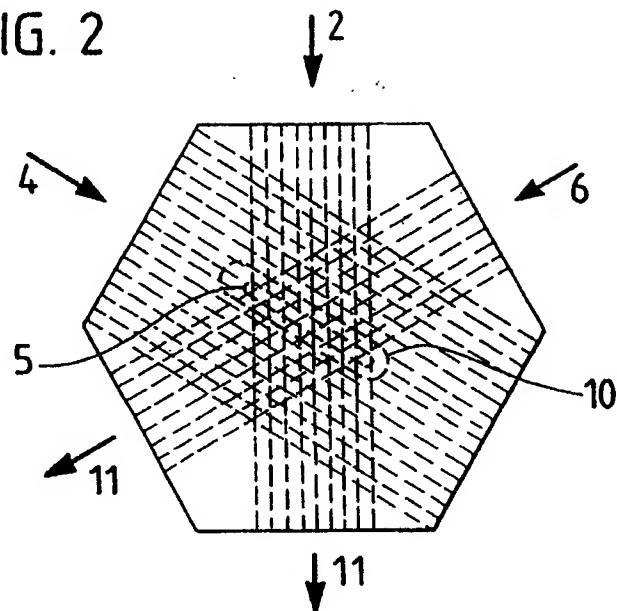
DRAWING PAGE 2

Number: DE 39 26 466 A1

Int. Cl. 5: B 01 J 19/24

Publication date: 14 February 1991

FIG. 2



⑩ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑪ DE 3926466 A1

⑬ Int. Cl. 5:  
B01J 19/24  
// B01J 23/42,23/44,  
23/74

DE 3926466 A1

⑯ Aktenzeichen: P 39 26 466.1  
⑯ Anmeldetag: 10. 8. 89  
⑯ Offenlegungstag: 14. 2. 91

⑰ Anmelder:

Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH, 8012  
Ottobrunn, DE

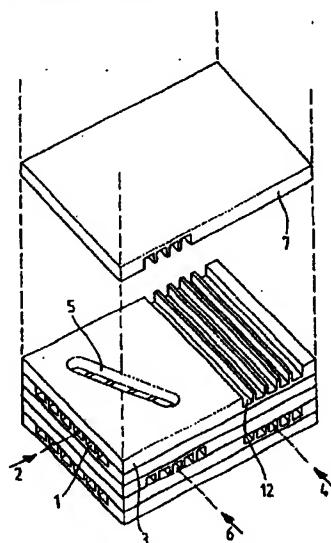
⑰ Erfinder:

Schmid, Peter, Dipl.-Ing.; Caesar, Christoph,  
Dipl.-Ing. Dr., 8000 München, DE

DE 3926466 A1

⑭ Mikroreaktor zur Durchführung chemischer Reaktionen mit starker Wärmetönung

Die Erfindung besteht in einem Mikroreaktor zur Durchführung chemischer Reaktionen mit starker Wärmetönung, in dem Stoff-, Reaktions- und Wärmeführung in Elementen aus zwei oder mehreren übereinanderliegenden Platten stattfinden, die durch ein System aus durch Zerspanung hergestellten Rillen durchzogen und verbunden sind, dergestalt, daß zwischen den Stoffströmen Wandstärken von 10 bis 1000  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise von 25 bis 100  $\mu\text{m}$  bestehen. Hohe Konzentrationen der reagierenden Substanzen können wegen der extremen Wärmeabfuhrleistung kontinuierlich gemischt und zur Reaktion gebracht werden. Durch das enge Verweilzeitsspektrum sind hohe Ausbeuten zu erzielen. Es werden in höchstem Maße kostenintensive Produktaufarbeitungsschritte eingespart, so daß der Mikroreaktor selbst eine geringe Investition sein wird (egal wie teuer).



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Mikroreaktor zur Durchführung chemischer Reaktionen mit starker Wärmetönung, in dem Stoff-, Reaktions- und Wärmeführung in Elementen aus zwei oder mehreren übereinanderliegenden Platten stattfinden, die durch ein System aus durch Zerspanung hergestellten Rillen durchzogen und verbunden sind, dergestalt, daß zwischen den Stoffströmen Wandstärken von 10 bis 100 µm, vorzugsweise von 25 bis 100 µm bestehen.

Bekannt ist, Mikrowärmetauscher mit hoher spezifischer Wärmeübertragungsleistung durch Zerspanung von Folien und anschließendem Diffusionsschweißen von Paketen mit sich kreuzenden Kanälen herzustellen.

Bekannt ist ferner, diesen Mikrowärmetauscher zur Abfuhr von chemischer Reaktionswärme nach vorheriger Mischung der Reaktanten zu nutzen.

Nachteil dieses Verfahrens ist, daß viele exotherme Reaktionen schon während des Mischvorganges in einem Mischer beginnen und den möglichen Konzentrationsbereich, in dem die Reaktanten dem Mikroreaktor zugeführt werden, stark einschränken.

Diese Nachteile bestehender Verfahren vermeidet die vorliegende Erfindung.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, auf einfache Weise Stoffe in hoher Konzentration zusammenzuführen und zur Reaktion zu bringen, die wegen einer starken Wärmetönung in keinem konventionellen Rührkessel oder Rohrreaktor kontinuierlich gemischt werden könnten, da die freiwerdende Reaktionswärme nicht beherrschbar wäre.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß nach Anspruch 1 dadurch gelöst, daß Stoff-, Reaktions- und Wärmeführung in Elementen aus zwei oder mehreren übereinanderliegenden Platten stattfinden, die durch ein System aus durch Zerspanung hergestellten Rillen durchzogen und verbunden sind, dergestalt, daß zwischen den Stoffströmen Wandstärken von 10 bis 1000 µm, vorzugsweise von 25 bis 100 µm bestehen.

Dazu wird in einer Ausbildung der Erfindung gemäß Fig. 1 eine Ebene mit Längsrillen (1) versehen, die von dem Stoffstrom A (2) durchströmt werden. In einer zweiten Ebene (3) sind zu den ersten senkrechte Rillen (12) angebracht, die ein Kühlmedium (4) führen; ferner ist eine Aussparung (5) angebracht, in der der Stoffstrom B (6) aus der darüberliegenden Platte (7) mit dem Stoffstrom (2) zusammengebracht und gemischt wird. Die Strömung von (2) durchläuft nach der Mischzone (5) eine Aufheiz- und Reaktionszone, bevor sie zwischen den vom Kühlmedium durchflossenen Ebenen gekühlt wird. In dieser Zone kann die Reaktion sich unter hoher möglicher Wärmeabführleistung fortsetzen, bis der gewünschte Umsetzungsgrad erreicht ist.

Der Anschluß dieses Mikroreaktors an externe Leitungen wird nach einem technisch üblichen Prinzip durch Dichtungen, Dichtungsmassen oder eine thermische Verbindung erfolgen.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist der Mikroreaktor aus sechseckigen Platten gemäß Fig. 2 aufgebaut, in dem die mögliche Reaktionszone vollständig von Kühlmedium über- und unterflossen ist. Stoffstrom A (2) wird durch Öffnung (8), Stoffstrom B (6) durch Öffnung (9) eingebracht, in der Mischzone (5) gemischt, z. B. an Einbauten (10) verwirbelt und verläßt den Mikroreaktor durch Ausströmöffnungen (11). Der erfindungsgemäße Mikroreaktor zur Durchführung chemischer Reaktionen mit starker Wärmetönung läßt

sich in den technisch üblichen Reaktionsführungen schalten und kombinieren, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen, wie Rückführung von Produkten, Parallelschaltung, Serienschaltungen, oder der Zugabe von Stoffstrom B (6) an mehreren Stellen zu Stoffstrom A (2).

Der erfindungsgemäße Mikroreaktor ist durch seine kompakte Bauweise besonders geeignet für empfindliche Reaktionen, für die ein enges Verweilzeitspektrum erforderlich ist. Es können damit unerwünschte Folgeprodukte bei vollständiger Beherrschung der Reaktionswärme im mikroskopisch kleinen Maßstab vermieden werden.

Der Druckverlust des Mikroreaktors ist durch seine kleine Baulänge und den großen freien Querschnitt gering, trotz der großen beherrschbaren Wärmeströme.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist der Mikroreaktor aus einer Platinlegierung gefertigt, in der hochenergetische Substanzen gemischt werden; diese verdampfen z. B. Wasser in den Kühlkanälen (12), das z. B. zum Antrieb einer Turbine oder eines Werkzeuges dienen kann.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist der Mikroreaktor selbst aus einem Katalysatormaterial wie z. B. Platin gefertigt und dient z. B. zur Durchführung einer heterogenkatalytischen Gasphasenreaktion.

## Patentsprüche

1. Mikroreaktor zur Durchführung chemischer Reaktionen mit starker Wärmetönung, dadurch gekennzeichnet, daß Stoff-, Reaktions- und Wärmeführung in Elementen aus zwei oder mehreren übereinanderliegenden Platten stattfinden, die durch ein System aus durch Zerspanung hergestellten Rillen durchzogen und verbunden sind, dergestalt, daß zwischen den Stoffströmen Wandstärken von 10 bis 1000 µm, vorzugsweise von 25 bis 100 µm bestehen.

2. Mikroreaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere die Reaktion führende Elemente durch eine Wärmebehandlung, vorzugsweise eine Diffusionsschweißung oder -Lötung, innerhalb des Elementes und zwischen den Elementen zu einer festen und dichten Einheit verbunden werden.

3. Mikroreaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Mikroreaktor aus einem katalytisch wirksamen Metall gefertigt ist, vorzugsweise Platin, Palladium, Nickel oder Eisen.

4. Mikroreaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Material des Mikroreaktors ein hochschmelzendes Edelmetall, vorzugsweise Platin, Palladium, Iridium oder eine Legierung dieser Metalle ist.

5. Mikroreaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Rillenquerschnitt und die Druckverhältnisse zur Ein- und Ausströmung aus dem Mikroreaktor so gewählt sind, daß sich eine Strömungsgeschwindigkeit von mehr als 0,5 m/s einstellt.

6. Mikroreaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Stoffströme aus den einzelnen Platten durch querlaufende Rillen (Mischräume) vermischt werden.

7. Mikroreaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß über Zahl und Breite dieser querlaufenden Rillen das Verweilzeitspektrum des Mikroreaktors eingestellt ist.

8. Mikroreaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
dadurch gekennzeichnet, daß in die querlaufenden  
Rillen, die Mischräume, Strömungshindernisse, vor-  
zugweise Drähte eingelegt sind.

5

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

**— Leerseite —**

FIG. 1

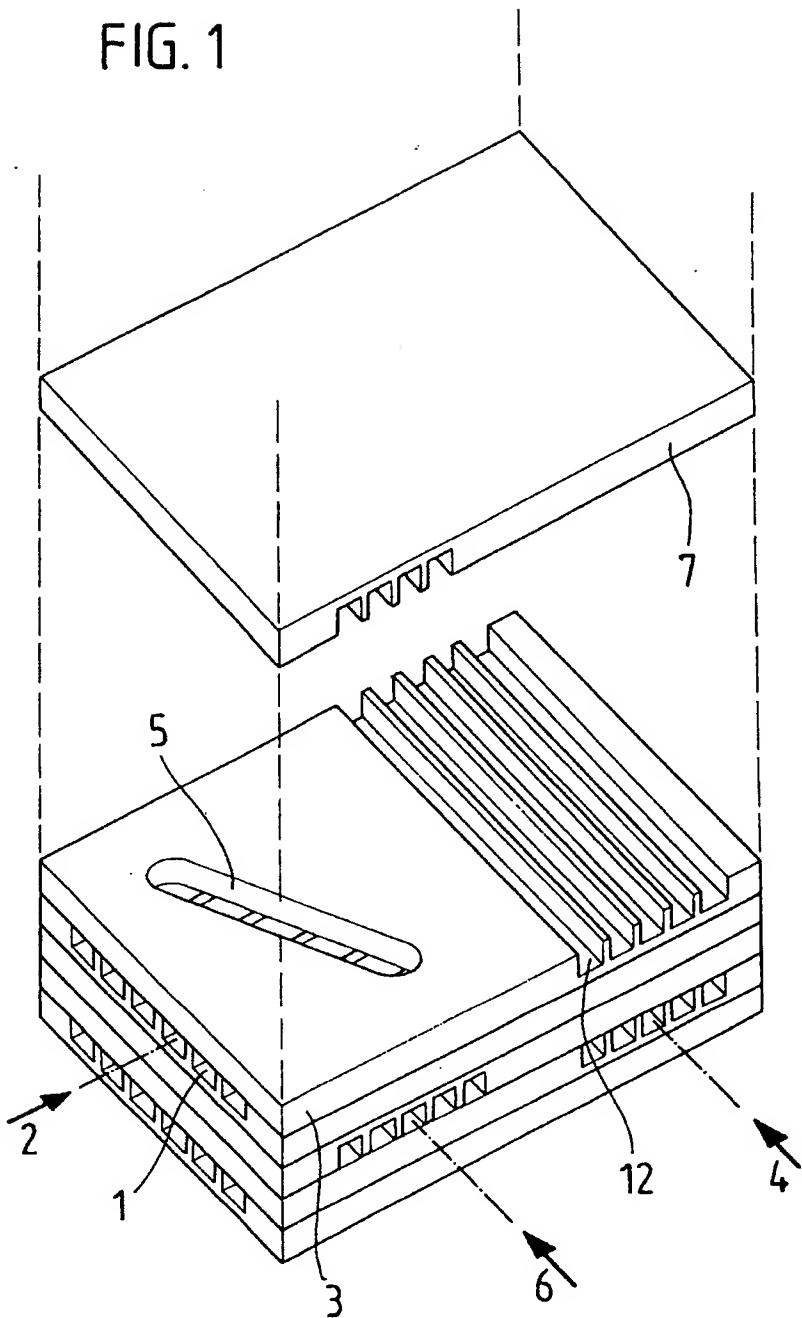


FIG. 2

